

# モバイルマルチメディア最新技術

## その1 ケータイIFからウェアラブルIFへ ー携帯環境で使いやすいインタフェースとは?ー

移動通信の世界は、従来の音声による通話から、Webや動画などによるマルチメディア・コミュニケーションへと変わりつつある。今回から4回にわたり、モバイルマルチメディアを支える各種技術の動向を述べる。1回目となる今回は、携帯機器と人間の接点である種々のヒューマン・インタフェースを紹介する。

ふくもと まさあき  
**福本 雅朗**

すぎむら としあき  
**杉村 利明**

### 1. まえがき

ヒューマン・インタフェース（以下、インタフェースと略す）は、機械を操作するための機構の総称である。キーボード、ディスプレイ、マウスなどのインタフェース・デバイスのほか、ウィンドウシステムやコマンドの形式、さらには操作メニューの構成や音や振動によるフィードバックなどもインタフェースの一部である。

すべてのインタフェースの目的は、「高速かつ快適にユーザの意図を機械に伝え、また機械の情報をユーザに伝えること」に尽きる。今までに数多くのインタフェースが提案されてきた。そのなかには、我々の暮らしに深く浸透しているものも少なくない。今回は、現在の携帯電話に使われている数々のインタフェースを紹介するとともに、携帯端末の進化形としてのスマートホンや携帯情報端末（PDA：Personal Digital Assistant）のほか、来たるべきウェアラブル&ユビキタス時代に向けたインタフェースの方向性について述べる。

### 2. 携帯電話のインタフェース

携帯電話は、本来「電話」をするためのものであり、その「インタフェース」は、通話のためのマイク・レシーバのほかは、テンキーと番号表示器だけであった。しかし、携帯電話が情報アクセス手段としての機能を持つにつれて、求められるインタフェースはパソコンやPDAのそれに近づくことになった。しかし、携帯電話は机の上に置いて使うパソコンとは違い常に持ち運ぶため、小型軽量かつ、主な動作は片手で行えなくてはならない、という制約がある。そのため、パソコンなどで使われているインタフェースをそのまま小さくして搭載しただけでは、使い勝手が悪くなってしまう（携帯電話からマウスが生えている光景を想像していただきたい。歩きながら使えるだろうか?）。この問題を解決すべく、携帯環境での使用を考えたインタフェースが数多く提案されている。以下にそれらを系統別に示す。

#### 2.1 項目選択機構

初期の携帯電話では、番号入力のためのテンキーのほかには、緑色のオフフックと赤色のオンフックのキーがあれば十分であった。携帯電話の機能が増えるにつれ、入力すべき項目は格段に多くなったが、使いやすいボタンの大きさには限界があるため、多くのキーを携帯電話上に配置することはできない。そこで、画面にメニューを表示し、カーソルキーやスティック状の項目選択機構（セレクト）によって項目を選択する方式が主流になっている。

##### (1) カーソルキー式

最もオーソドックスなタイプであり、上下左右に対応したボタンを押すことで項目移動操作を行う。項目選択操作には中央に設けられたボタンを押すものが多い。複数のボタンを配置するために大きな設置面積が必要であ

り、操作時の指先の移動量も多いが、逆に押し間違いは起きにくい。また、項目移動操作のためのボタン群と中央の選択ボタンを円盤状に一体化したものもある。この方式は設置面積を小さく、指先の移動量も少なくできるが逆に押し間違いが起きやすい。なお、どちらの機構も上下左右の移動動作に差がないため、ゲーム操作には向いている。

## (2) スティック（レバー）式

上記のカーソルキーの移動をスティックやレバーの傾きで行う方式である。円盤状ボタンよりも設置面積を小さくできるが、項目移動操作にボタンのようなクリック感を持たせることが難しい。主に押し込みで行う項目選択操作との間で誤りが起こりやすい。

メニュー操作においては、画面に表示された多数の項目の中から、目的の項目を素早く選択することが求められる。その場合、同一方向への項目移動操作が連続して行われることが多い。しかし、上記に述べたカーソルキー、スティック、レバーの各機構は、1回の項目移動操作ごとに指先を細かく往復させなくてはならず、連続的な項目選択には向いていない（図1(a)）。

## (3) ダイヤル式

これに対して、ダイヤルを連続的に回して項目移動を行う入力機構は、一回の指先の動作で複数個の項目移動を行うことができ、連続入力に適している（図1(b)）。また、機構によっては項目移動に対応した数のクリック感を指先に与えることが可能であり、触覚フィードバックによってさらに操作性が向上する。このように、メニュー選択の操作性を考えた場合には、ダイヤル式の入力機構の利点は多い。なお、シーソーレバー式スイッチは、ダイヤルに形状こそ似ているものの、連続入力ができないため、高速な操作には向かない。

一方、ダイヤル式には、設置面積が大きくなってしまふという問題がある。また、機器の大画面化と画像コン

テンツ増加に伴って増えている、2次元的な移動操作（特にゲーム）への対応も課題である。

## (4) タッチパネル式

現状の携帯電話は、筐体が小さいうえに半分近くをキーパッドに占有されているため、画面の大型化には限界がある。タッチパネル式は、機器表面の多くの部分を表示器に利用できるほか、「目的の個所を押すだけ」というダイレクトな操作が可能である。一方、ボタンのような押下感や「なぞり感」が得にくく、不安定な状態や手探りででの入力には向かない。タッチパネル式については、3章のPDAのインタフェースで詳しく述べる。

## 2.2 文字入力

日常の操作は、上述の項目移動&選択機構だけでも多くが可能であるが、メール作成などの複雑な操作には、文字入力を行う必要が出てくる。以下に代表的な文字入力方式を述べる。

### (1) マルチタップ方式

現在最も多く使われているものが、キーを複数回押下して仮名文字を確定する方式である。しかし、この方式は、連続押下回数が3回程度のアلفベットの入力方法をそのまま仮名文字に適用したために、操作性が著しく悪化しており、「携帯電話の文字入力は使いにくい」と感じさせる原因になっている。

本方式でも、慣れることで比較的高速な入力が可能になるものの、方式自体に起因する効率の悪さは最後まで残る（他の方式であれば、慣れればもっと早く入力できる）。パソコンの世界では、（機械式タイプライタの故障防止のために、故意に入力速度を遅くしたとの説もある）qwerty型キーボード\*が普及してしまったが、同じ過ちを繰り返さないためにも、より使い勝手の良い携帯電

\* qwerty型キーボード：「q」「w」「e」「r」「t」「y」の順にキーが配列されているタイプのキーボード



図1 各種選択方式と連続入力時の動作

話用の入力方式を提案していく必要があるだろう。

## (2) ポケベル方式

多くの携帯電話では、ポケベル方式での入力が可能になっている。この方式は、ローマ字の子音+母音の組み合わせ（2ストローク）で入力するので、前述のマルチタップ式に比べて入力効率が良い。しかし、数字やアルファベットなどの入力では、かな文字のような法則性がなく、またキーボード上に刻印がないこともあり、覚えるまでは入力が難しいという問題がある。

## (3) ローマ字入力方式

同じローマ字入力でも、日本語の出現頻度を考慮して、より打ち易くなるようにキー割り当てを考慮したものが多数提案されている。“CUT Key”[1]や、“チョイ入力”[2]がこの方式に当たる。マルチタップはもちろん、ポケベル方式よりも高速な入力が可能だが、キーボードの刻印を替えなくてはならない（すなわち、費用がかかる）ことから、市販の携帯電話への搭載は進んでいない。なお、アルファベット圏でも、文字の出現頻度を元に位置を並べ替えたり、2ストロークで入力する方式が多数提案されている。この他にも、（特に漢字文化圏では）文字の形状や筆順を元に入力を行う方式もある。

## (4) あいまい入力方式

一方、言語の持つあいまい性を用いた入力方式も提案されている。“T9”[3]は、5ストローク（英語圏では3ストローク）のキー配列はそのまま、各キーを一度しか押さずに入力を行う。そのままでは同一キーに割り当てられた複数文字（例：あいうえお）の分離ができないので、単語辞書を検索し、入力単語候補を表示して選択させる。

## (5) 予測変換方式

さらに進んだ方式として、予測変換方式（“POBox”[4]など）がある。この方式は、文字列の一部を入力すると、入力候補（文字・単語・センテンスなど）を次々と表示する。さらに、文字を確定すると、「それに続いて入力されると思われる」候補が次々と表示されるので、極端な場合、キーボードを押さずに項目選択機構だけで文章を入力することもできる。

なお、あいまい入力や予測変換など、候補を多数表示させる入力方式は、前述のダイアルのように、高速に項目選択が可能な入力装置があってこそ効果を発揮できる。

## (6) フルキー方式

これに対して、細かいボタンを多数並べて入力を行う方式もある。従来のqwerty型キーボードを模したものは、パソコンに慣れたユーザーには親しみやすく、両手

の親指を使えばかなりの高速入力が可能であるが、片手での操作には向かない。

## (7) 音声入力方式

習熟が不要で高速入力が可能な音声認識への期待は大きく、精力的に開発が行われているが、騒音下で安定した音声認識を行うには課題も多い。また、周囲の人々への影響（特に公共交通機関内）や、「一人喋り」の社会的許容を考えた場合、すべてを音声入力で行うのは得策ではないだろう。

## 2.3 受話器のインタフェース

マルチメディア化が進んでいる現在でも、依然として「電話」は携帯電話の重要な機能である。以下に「音」に関するインタフェースを述べる。

### (1) レシーバ

本来の「受話器」は、レシーバとマイクがそれぞれ耳と口を覆う構造であり、また持ち手の形状も握り易いように造られていた。しかし、今日の携帯電話は、内部に無線回路やバッテリーを持ちつつ、小型軽量化を行わなければならないため、受話器として見た場合には必ずしも使いやすいとは言えない。

例えば、レシーバ部分の小型化と筐体のフラット化によって、耳を当てる際の「ガイド」としての効果が薄くなり、「どこに耳を当てればよいのか分からない」という問題が生じている。これは「聞こえにくい」という直接的な問題と同時に、受話音量の増加による無駄な電力消費や、周囲への音漏れという問題も引き起こす。レシーバの周囲に凹凸をつければ、耳穴へのフィット感を高めることができるが、周囲の物体との干渉や内部回路の充填効率悪化の理由からなかなか実現されない。例えば、「使うときだけ飛び出す耳穴ガイド」のような方法はできないだろうか。なお、筐体自身を振動させて受話を行う方式を用いることで、レシーバの「穴」に耳穴を合わせなくても受話効率を上げることは可能である。

### (2) マイク

携帯電話の小型化に伴って、マイクとレシーバの間隔が狭くなった結果、「レシーバを耳に当てるとマイクが遠く、話しにくい」という問題が起こっている。これは同時に、「マイクが遠いので大きな声で話さなくてはならない」という心理的な効果を生み、「大きな声で喋るのが周囲の人々の迷惑になる」という問題を引き起こす原因の1つになっている。例えば、筐体を折り畳み式やフリップ式にすることで、マイクとレシーバの間隔を広げるとともに、口の回りを覆う効果も期待できる。この他にも、

折り畳み式や伸縮式のブーム（腕）を用いてマイクを伸ばす手法も用いられている。

なお、携帯電話で発話音量が大きくなってしまふ原因の1つに、「自分がどれだけの音量で喋っているかが分からなくなる」ことがある。この場合、マイクから拾った音をレシーバにフィードバックすることで、操作者に自分の声の大きさを知らせ、発話音量を抑制させることができる。

### (3) イヤホンマイク

イヤホンマイクの使用は、受話効率の向上のほか、両手が自由になる（ハンズフリー）など、利点が多いにもかかわらず、普及しているとはいえない。すでにヘッドホンステレオの普及により、「常にイヤホンを身に着けること」に対する抵抗感は薄いことから、原因は主に、「1人で喋っている風に見える」という心理的抵抗にあると思われる。現に欧米ではビジネスマンが日常的にイヤホンマイクを使っている。近い将来、Bluetoothヘッドセットなどの小型でワイヤレスな機器が多く登場すれば、日本でもイヤホンマイクの使用が増えてくると考えられる。

### (4) スピーカ

従来の携帯電話は音声通話が主流であり、音声はモノラルで十分であった。しかし、音楽や動画コンテンツの増加に伴い、「音」の表現力を高めたいという欲求が増えてきた。

携帯機器のステレオ音声化にとっての1つの問題が、スピーカの配置である。小さな筐体に複数のスピーカを配置しても、音の広がり表現するのは難しい。例えば、「Stereo Dipole」[5]など、設置間隔の狭いスピーカでも音の広がりを表現可能な手法が提案されている。さらに、ヘッドホンを用いることで、左右（ステレオ）だけでなく、前後や上下への音の広がりを表現（3次元音響）でき、より臨場感の高い通信が可能になる。

## 3. PDAのインタフェース

携帯電話の高機能化は著しく、メール送受やWeb閲覧のほか、住所録やスケジュールなど、従来PDAの役割であった分野との融合が進んでいる。携帯電話の進化の1つの形態が、「スマートホン」と呼ばれるPDA一体型であり、すでに欧米を中心として普及が始まりつつある。近い将来の携帯電話のインタフェースは、PDAに近いものになっていくだろう。以下に、現在PDAで用いられている代表的なインタフェースについて述べる。

### 3.1 タッチパネル（ペン入力）

現在のPDAの多くは、大きさや形状、さらにはスケジュールや住所録などの用途まで、従来の「手帳」の代替手段としての性格が強い。そのため、操作には手帳に近いペン入力方式が主に使われており、なかでも、専用のペン以外にも指先などでの入力可能なタッチパネルが多く採用されている。

タッチパネル（ペン入力）式は、機器表面の多くの部分を表示装置に割り当てることが可能である。機能が複雑化し、多くの情報を一覧表示する必要のあるスマートホンに適しているといえる。一方、従来のタッチパネルには、キーボードで得られる押下感（クリック感）が乏しいために、操作の確実性に欠けるという問題があった。また、「なぞり感」がないために、押すべきキーの位置を指先で探ることができず、揺れ動く乗り物の中など、不安定な姿勢での入力や、手探りででの入力には向いていない。また、ペンを用いた入力の際にも、パネル表面がツルツルしているために、紙にペンで書くときに得られる「ペン先の滑り感覚」がなく、書きにくいという問題もある。この問題を解決すべく、「ActiveClick」[6]のように、押下時にアクチュエータを用いてタッチパネルや機器筐体を振動させて、キーを押したような触覚フィードバックを発生する手法が提案されている。

### 3.2 手書き文字入力

ペン入力は、習熟が不要で高速入力が可能な優れた方式である。しかし、現状のPDAでは、主として表示デバイスや処理速度の制約から、従来の手帳で行われていたように、精緻な文字や図形を目的の場所に直接書き込むことが難しい（紙の手帳と同程度の細かさで文字を書き込むためには、数百dpiの解像度が必要になる）。そのため、多くのPDAでは、「アルファベット」・「かな」などの限定された文字種を特定の認識エリアに大きく書き込み、必要に応じて漢字などに変換する方式が採用されている。しかし、この方法はキーボードに比べて入力速度が遅い。そのため、一般的な文字ではなく、「Graffiti」[7]、「Unistroke」[8]など、一筆書きを利用して入力速度を速めた特殊文字が使われることも多い。

### 3.3 ソフトキーボード

一方、画面上に配置した文字ボタンをペン先でタップして入力を行う「ソフトキーボード」方式も多く使われている。この方式は、入力したい文字をそのままタップすればよいので、初心者でも比較的高速に操作が可能である。従来のフルキーボードをそのまま小さくした方式のほかに

も、アルファベット (“Fitaly” [9]), かな文字 (“CUT Key”) など、文字種に応じて入力の高速化を目指した多くの方式が提案されている。しかし、小型のPDA上に入力が容易なサイズで多くの文字ボタンを配置するのは困難である。そこで、入力する文字の種類に応じて文字ボタンの配置を入れ替える方式や、タップ位置とペンの移動方向を用いて入力する文字の種類を増やしたり、複数文字の一括入力を行う方式 (“Palm-KanaKB” [10]) も提案されている。このほかにも、PDAの入力エリアに張り付けて入力を行うキーボード・シートもある。特に、シート表面に配置された微小な突起を両手の親指で押して入力を行う “ThumbType” [11] は、高密度の配置にもかかわらず、安定した操作が可能である。

## 4. ウェアラブル・インタフェース

情報機器の小型化によって持ち運びが容易になった結果、日常生活の中で情報にアクセスする時間は増えてきている。これを突き詰めると「24時間、常に機器を身に着けて生活する」ウェアラブルの世界が見えてくる。この場合、装着する機器には、「身に着けることで日常生活に影響が出てはならない」という大きな制約が生まれる。したがって、それに用いるインタフェースも、従来の携帯電話やPDAで用いられている機構とは大きく違ったものになるだろう。

例えば、キーボードを「装着」することを考えた場合、極端に小さなボタンでは快適なタイピングはできない（腕時計にqwerty型キーボードがついている光景を想像していただきたい）。一方、快適な入力が可能なサイズのキーボードを「装着」しては、日常生活はおぼつかないだろう。ウェアラブルなキーボードには、羅列されたボタンを押すのではなく、“FingeRing” [12] のような指輪型加速度センサや、“SenseBoard” [13] のような手甲センサによって、感覚の

鋭敏な指先を覆うことなく、打鍵動作や指の動きを直接検出する手法が考えられている。

ディスプレイについても同じことがいえる。携帯電話やPDAに用いられている小さな表示パネルでは、大量の情報を見易い大きさで表示することは難しい。1つの原因は、人間の視野中に表示パネルの占める割合（視野角）が狭いことにある（図2(a)）。しかし、大きな視野角が得られ、一覽性に優れた大型の表示パネルを常時持ち運ぶことは困難である。小さな表示パネルで大きな視野角を得るためには、パネルの設置位置を眼に近づければよい（図2(b)）。例としては、覗き込み型のディスプレイや、眼前に設置した小さなパネルを介して周囲を見るメガネ型HMD（Head Mounted Display）方式[14]がある（図2(c)）。

なお、ウェアラブルなインタフェースについては、今後予定されている特集号で詳しく述べる予定である。

## 5. ユビキタス・インタフェース

「24時間、情報に接する」ためのもう1つの手段が、家や街頭など、生活空間の側にセンサや端末を数多く配置する「ユビキタス」な世界である。この場合、ユーザは固有の「端末」を持つのではなく、個人を特定するためのID情報や、セキュリティの確保が必要な最低限のデータだけを持ち運ぶことになるだろう。情報へのアクセスは、周囲の壁面に埋め込まれた入力装置やディスプレイなどを一時的に自身の端末として割り当てて行われる。この場合、流れるデータのセキュリティ確保はもちろん、プライバシーの確保（周囲の人々から見られない）や、アイコンやメニューなどの操作性の統一（端末ごとに操作方法が異なっては使えない）が重要となる。さらにインタフェースの進化が進めば、端末を人間が操作するのではなく、「家」や「街」など、周囲の空間そのものに対して語りかけるようなもの

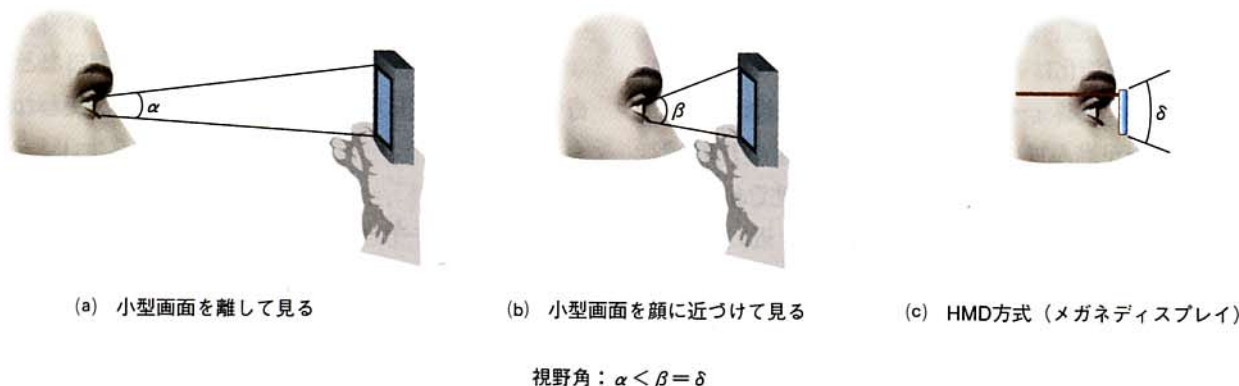


図2 小さな画面で大きな視野角を得るには？

になっていくだろう。

## 6. あとがき

情報機器が進化するにつれて、使いやすいインタフェースも変化する。新しい機器やサービスを考える際には、それに適したインタフェースを同時に考える必要がある。携帯電話のように多くの人が使う機器では、少しの操作時間の違いでもその影響は大きい。1人のユーザが操作に1秒でも余計にかかれば、何千万人という加入者すべてがその影響を受けるため、それによる経済的損失は莫大なものになってしまう。したがって、

- ・初心者でも直感的に使えること（慣れを要求してはいけない）
- ・1秒でも早く操作できること
- ・1押しでも少ないアクション（例：キー押下回数）で操作できること

を考慮してモノ造りをするのが重要である。

## 文 献

- [1] <http://misawa01.misawa.co.jp/CUTKEY/>
- [2] <http://hp.vector.co.jp/authors/VA002116/trial/choihalfframe.htm>
- [3] <http://www.tegic.com>
- [4] <http://www.csl.sony.co.jp/person/masui/OpenPOBox/>
- [5] <http://www.isvr.soton.ac.uk/FDAG/VAP/html/sd.html>
- [6] M.Fukumoto. et. al., "ActiveClick: Tactile Feedback for Touch Panels", CHI2001 Extended Abst., pp.121-122, 2001.
- [7] <http://www.palm.com/products/input>
- [8] D.Goldberg et. al., "Touch-typing with a stylus", Proc. of CHI'93, pp.80-87, 1993.
- [9] <http://www.fitaly.com>
- [10] <http://www.csl.sony.co.jp/person/masui/PalmKanaKB/>
- [11] <http://www.thumbtype.net>
- [12] M.Fukumoto and Y. Tonomura, "Body Coupled FingerRing: Wireless Wearable Keyboard", Proc. of CHI'97, pp.147-154, 1997.
- [13] <http://www.senseboard.com/product.php>
- [14] K.Ichiro. et.al., "A Forgettable near Eye Display", Proc.of ISWC2000, pp.115-118, 2000.

## 用 語 一 覧

HMD : Head Mounted Display  
PDA : Personal Digital Assistant (携帯情報端末)